



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 198 00 395 A 1**

Int. Cl.⁶:
F 25 B 17/08
B 01 J 20/18
F 28 D 17/00
C 09 K 5/04

21 Aktenzeichen: 198 00 395.1
22 Anmeldetag: 8. 1. 98
43 Offenlegungstag: 15. 7. 99

DE 198 00 395 A 1

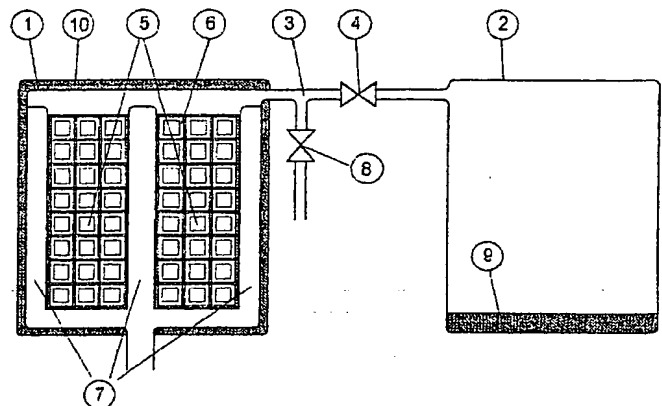
71 Anmelder:
Hermisdorfer Institut für Technische Keramik e.V.,
07629 Hermisdorf, DE

72 Erfinder:
Bachert, Hans-Jürgen, Dr., 15732 Schulzendorf, DE;
Puhlfürß, Petra, 07616 Droschka, DE; Stach,
Helmut, Prof. Dr., 12439 Berlin, DE; Winterstein,
Georg, Dr., 07639 Bad Klosterlausnitz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Vorrichtung zur Adsorption fluider Stoffe und Verfahren zu ihrer Herstellung

57 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Aufnahme und Abgabe von Wärmeenergie zur Verfügung zu stellen, die es gestattet, unter Ausnutzung von Adsorptions- und Desorptionsprozessen eines geeigneten, vorzugsweise gasförmigen Mediums in einem Speicher, ohne Energiezufuhr die Aufnahme großer Gas-mengen zu gewährleisten, ohne daß der Prozeß durch Erwärmung des Speichers wesentlich beeinträchtigt wird und darüber hinaus auch die Desorption der Gase durch äußere Wärmezufuhr möglichst effizient in kürzester Zeit realisieren zu können.
Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung zur Aufnahme von Wasser und anderen fluiden Stoffen durch Adsorption mit Hilfe eines Mediums zur Speicherung dieser Stoffe in einem Behälter erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Behälter (1) eine mit einer wärmeleitfähigen porösen, insbesondere keramischen, mit Adsorbentien (6) beschichtete Struktur (5) mit großer Oberfläche enthält.
Die Aufgabe wird auch durch Verfahren zur Herstellung der Vorrichtung gelöst, bei denen entweder die metallische Komponente einer wärmeleitfähigen Struktur aus einem Metall-Keramik-Komposit oberflächlich oxidiert wird oder die Struktur durch Tauchen in einem Schlicker mit den Adsorbentien beschichtet wird, welcher außer den selben auch ein SiO₂- und/oder Al₂O₃-Sol enthält.
Anwendungsgebiet der Erfindung ist insbesondere die Herstellung kompakter Klimaanlage.



DE 198 00 395 A 1

1
Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Sorption fluider, vornehmlich gasförmiger Stoffe. Diese Vorrichtung kann mit Hilfe verschiedener Wärmequellen aktiviert und im aktivierten Zustand zu beliebigen Zeiten ohne weitere Energiezufuhr genutzt werden. Sie soll dazu dienen, beispielsweise Dämpfe von Kältemitteln mit großer Geschwindigkeit aufzunehmen, ohne daß die dabei zwangsläufig auftretende Erwärmung zu einer merklichen Verringerung der Geschwindigkeit der Sorption von Gasen und damit der Leistungsfähigkeit der Vorrichtung führt. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung erfindungswesentlicher Bestandteile der Vorrichtung.

Bekannt sind Vorrichtungen, mit deren Hilfe bestimmte Gase, beispielsweise Luft oder Wasserdampf sowie verschiedene Kältemittel, mit hoher Geschwindigkeit aufgenommen werden. Dabei treten jedoch in der technischen Anwendung vielfältige Probleme auf, die sich aus der geringen Wärmeleitfähigkeit der üblicherweise verwendeten Sorptionsmittel, wie beispielsweise Zeolithen und der daraus folgenden schlechten Wärmeabführung mit der Folge verringerter Sorptionskapazität und -geschwindigkeit, ergeben. Als Beispiele für weitere herkömmliche Aggregate zur Sorption fluider Medien können Sorptionspumpen für Vakuumanlagen, entsprechende Sorptionsfallen sowie Klimaaggregate, darunter auch Absorptionskühlschränke, die nach verschiedenen Sorptionsprinzipien arbeiten, genannt werden.

Es ist ebenfalls allgemein bekannt, daß chemische Sorbentien und bestimmte mikroporöse Festkörper wie Zeolithe, Aktivkohle u. a. gewisse Stoffe unter Abgabe von Wärmeenergie sorbieren und bei Aufnahme von Wärmeenergie desorbieren können, wodurch die Möglichkeit der Energiespeicherung über größere Zeiträume gegeben ist. Wenn diese Stoffe geeignete Kältemittel sind, so kann mittels eines Kälteaggregates bei geeigneter Ausgestaltung des zugehörigen Behälters, in dem das jeweilige Kältemittel verdampft, mit dessen Hilfe seiner Umgebung Wärme entzogen werden. Ähnliche Prozesse laufen auch bei der Adsorption und der Chemisorption sowie bei physikalischen Zustandsänderungen (z. B. Eis-Wasser-Dampf) ab. Diese Möglichkeit der Energiespeicherung kann beispielsweise auch zur Klimatisierung von Räumen und Gefäßen genutzt werden.

Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Veröffentlichungen zur Speicherung von thermischer Energie unter Verwendung von Zeolithen und anderen mikroporösen Festkörpern bekannt. So wird in DE-41 26 960 ein Sorptionsapparat zum Kühlen und/oder Heizen beschrieben, mit dessen Hilfe entweder Verdampfungswärme aufgenommen oder Sorptionswärme abgegeben werden kann. In EP-0 091 095 ist dieses Grundprinzip besonders anschaulich dargestellt. Allen bekannten Anordnungen ist gemeinsam, daß entweder die beim Sorptionsprozeß entstehende Wärme und/oder die gleichzeitig entstehende Verdampfungswärme voneinander getrennt genutzt werden. Das ist aus energetischen Gründen auch sinnvoll, da somit beispielsweise die Verdampfungswärme des verwendeten fluiden Mediums der Umwelt entzogen werden und deshalb die nutzbare Energie bzw. Wärmemenge um den Betrag der Verdampfungs- bzw. Kondensationswärme größer sein kann.

In Firmenschriften (vgl. Fa. Zeo-Tech GmbH: Zeolith Kühl-Boiler) werden die Eigenschaften ausführlich dargestellt. Eine kurze wertende Übersicht zur Kälteanwendung findet sich in WirtschaftsWoche Nr. 28 (1994), 5.88. Darüber hinaus liegt umfangreiche wissenschaftliche Literatur vor [vgl. A. M. Michel: "Realisierbarkeit eines monovalen-

ten Zeolith/Wasser-Wärmepumpen-Speicherheizgerätes", HLH 35(9), 425 (1984)].

Zur Kühlung der verschiedensten Stoffe, vornehmlich durch die Verdampfungswärme, sind Veröffentlichungen bekannt, die teilweise auch die Sorption dieser Stoffe, beispielsweise Ammoniak, Wasser oder verschiedene FCKW, auch an mikroporösen Festkörpern behandeln.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Aufnahme und Abgabe von Wärmeenergie zur Verfügung zu stellen, die es gestattet, unter Ausnutzung von Adsorptions- und Desorptionsprozessen eines geeigneten, vorzugsweise gasförmigen Mediums in einem Speicher, ohne Energiezufuhr die Aufnahme großer Gasmengen zu gewährleisten, ohne daß der Prozeß durch Erwärmung des Speichers wesentlich beeinträchtigt wird und darüber hinaus auch die Desorption der Gase durch äußere Wärmezufuhr möglichst effizient in kürzester Zeit realisieren zu können.

Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen bezeichnete Vorrichtung gelöst.

Erfindungsgemäß besteht die Vorrichtung zur Aufnahme von Gasen unter Bezug auf Fig. 1 aus einem Behälter 1, der mit dem zu evakuierenden Gefäß 2 über die vakuumdichte Rohrleitung 3 sowie das Ventil 4 verbunden ist. Der Behälter 1 mit einer Wärmedämmung 10, die verhindert, daß Prozeßwärme unkontrolliert an die Umgebung abgegeben wird, enthält eine gut wärmeleitfähige, vorzugsweise keramische Struktur 5, die zur Aufnahme des Kältemittels mit einer Adsorbenschicht 6 versehen ist.

Die Trägerform von die Struktur 5 bildenden Substraten für die Adsorbenschicht 6 kann vielgestaltig sein. Es lassen sich sowohl Mehrlochrohre als auch Wabenstrukturen realisieren. Die Außengeometrie kann eckig oder rund sein. Die Innengeometrie wird bei Mehrlochrohren zumeist durch runde Kanäle gegeben, bei Wabenstrukturen können die Innenkanäle rechteckig, dreieckig oder hexagonal sein. Hinsichtlich Werkstoffauswahl, Wandstärke, Kanalquerschnitt, freier durchströmbarer Fläche sowie Querschnittsfläche und Längenabmessung können vor allem Wabenkörper vielseitig ausgestaltet werden.

In die Struktur 5 sind zur weiteren Verbesserung der Wärmezufuhr und Ableitung Rohre 7 angeordnet mit Verbindung zu nicht dargestellten Aggregaten für die Ab- und Zuführung der in den technischen Prozessen entstehenden oder zuzuführenden Wärmemengen, beispielsweise durch Kühlwasser oder Wärmeträgermedien. Über ein Ventil 8 und eine Verbindungsleitung können Aggregate zur Erzeugung eines Startvakuaums sowie prozeßbedingte Vorrichtungen, wie Kondensatoren, angeschlossen werden. In dem Gefäß 2 befindet sich ein üblicherweise flüssiges Material 9 oder auch ein mit diesem getränkter Stoff, wobei der Dampfdruck des flüssigen Materials 9 bei der gegebenen Temperatur des Gefäßes 2 über der Beschichtung 6 des Behälters 1 bei deren Temperatur liegt.

Unter Bezug auf Fig. 2 kann die beispielsweise mit Zeolithen beschichtete wärmeleitende Struktur 5 auch in Form von Wärmetauscherstäben 11, die in das Wärmeträgermedium 12 hineinragen, ausgebildet werden. In diesem Falle läßt sich durch eine thermisch und elektrisch hochleitfähige, vorzugsweise metallische Außenbeschichtung 13 sowohl Wärmeenergie effizient zu- und abführen als auch gegebenenfalls die metallische Außenbeschichtung 13 direkt zum elektrischen Beheizen der Wärmetauscherstäbe 11 in der Phase der Desorption nutzen.

Die beschriebene Vorrichtung kann nach erfolgter Aktivierung durch die Desorption der verwendeten Adsorbentien stationär oder transportabel, beispielsweise zur Erzeugung von Kälte in geeigneten angeschlossenen Verdampfern oder zum schnellen Absaugen großer Mengen von Wasser-

dampf aus zu trocknenden Stoffen, wie Holz, Nahrungsmitteln u. a., zu beliebigen Zeiten ohne Energiezufuhr eingesetzt werden. Die Startaktivierung am Einsatzort übernimmt dabei eine Vakuumpumpe, deren Aufgabe es ist, dafür zu sorgen, daß sich innerhalb des Systems lediglich das zu sorbierende fluide Medium befindet. Bei Verwendung von Wasserdampf genügt als Vakuumpumpe eine Wasserstrahlpumpe. Geschlossene Aggregate, wie beispielsweise Kühlvorrichtungen, sind grundsätzlich vakuumdicht ausgebildet und benötigen nach ihrer Inbetriebnahme keine weiteren Pumpen oder ähnliche Vorrichtungen, sondern lediglich Ventile.

Beispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung

Für den beispielhaften Verwendungszweck der Aufnahme einer größeren Menge Wasserdampfes in kurzer Zeit, etwa in einem Klimaaggregat, sind die erfindungsgemäßen Wärmetauscherstäbe 11 in ein Wärmeträgermedium 12, beispielsweise Wärmeträgeröl, eingebettet. Unter der Annahme, daß die Zeolithbeschichtung 6 der Wärmetauscherstäbe 11 etwa 45% ihres Volumens einnimmt und sie ihrerseits 80% des Volumens des Behälters 1 einnehmen, kann in einem Behältervolumen von 1 Liter etwa die Masse von 0,25 kg Zeolith mit einem Wasseraufnahmevermögen von mehr als 50 g untergebracht werden. Da die Verdampfungs- und Kondensationswärme von Wasser etwa 650 Wh/kg beträgt, können in dem angenommenen 1 Liter fassenden Behälter 1 also mehr als 30 Wh an Wärmemenge aufgenommen werden.

Da die Abführung von Wärmemengen im Bereich bis zu einigen 10 kW aus verhältnismäßig kleinen Volumina, beispielsweise im Automobilbau, ein weitgehend gelöstes Problem darstellt, bestimmt in dem dargestellten Beispiel lediglich die Wärmeleitfähigkeit der die Zeolithschicht 6 tragenden, vorzugsweise keramischen Waben 5 und die Oberflächengestaltung der Wärmetauscherstäbe 11 die Leistung des Aggregates. Eine Aufnahme der angegebenen Menge von 5 g Wasserdampf innerhalb von beispielsweise 10 s entspräche dann einer Leistung von etwa 1,2 kW. Diese Leistung könnte einem zur Fahrzeugklimatisierung vorgesehenen Verdampfer entzogen werden.

In dem in den Fig. 1 und Fig. 2 skizzierten Beispiel bedeutet diese Auslegung weiterhin, daß zur effizienten Speicherung von etwa 500 g Wasser im Zeolithbehälter, bei bis zu 20% Wasserbelegung, demzufolge nur ein Volumen von etwa 10 Liter erforderlich ist. Damit könnte beispielsweise ein von einer einfachen Wasserstrahlpumpe bei 20°C auf etwa 25 mbar evakuierter Vakuumbehälter mit einem Volumen von mehr als 10 m³ auf ein Restvakuum von unter 1 mbar abgepumpt werden. Gegenüber einer üblicherweise etwa in Sorptionspumpen verwendeten Zeolith- oder Molekularsiebschüttung ergibt sich der Vorteil höherer Sauggeschwindigkeit infolge besserer Wärmeabführung. Die dadurch bewirkte höhere Leistung wird allerdings wegen des erforderlichen Volumens der wärmeabführenden Struktur mit einer Verringerung der Aufnahmekapazität erkauft. Das Hauptanwendungsgebiet wird daher in der Klimatechnik gesehen.

Beispiel für das erfindungsgemäße Verfahren

Keramische bzw. aus Keramik-Metall-Komposit bestehende Strukturen mit Zeolith Adsorbentien sollen eine Wärmeleitfähigkeit WLF > 20 W m⁻¹ K⁻¹ aufweisen.

Rohre oder Wabenkörper aus Aluminiumoxid (α -Al₂O₃)

Die WLF beträgt 10 bis 29 W m⁻¹ K⁻¹. Korundpulver (α -Al₂O₃) < 63 µm wird mittels organischer Additive plastifiziert und auf einem Vakuum-Schneckenextruder zu einem Wabenkörper extrudiert, der 50 csi (knapp 8 Kanäle pro cm²), einen Querschnitt von 35 mm und eine Länge von 300 mm aufweist. Nach dem Trocknen und Sintern (ca. 1670°C) wird der Wabenkörper, wie unten beschrieben, erfindungsgemäß mit einem 3A oder 3X Zeolith beschichtet.

Keramische Rohre oder Wabenkörper in die Aluminium bzw. Al-Legierungen eingebettet sind (Keramik-Metall-Kornposit)

Die WLF wird deutlich erhöht auf 30 bis 140 W m⁻¹ K⁻¹. Die Al-Phase wird durch chemische und/oder thermische Oberflächenoxidation für die Zeolithbeschichtung aktiviert. Durch Einlagerung von metallischem Aluminium bzw. Al-Legierungen in eine keramische Matrix (Keramik-Metall-Komposit) kann auf sehr ökonomische Weise die WLF des Materials verbessert werden. Damit wird der Einsatz relativ teurer (SiC, AlN) bzw. toxischer (BeO) gut wärmeleitfähiger Keramikmaterialien vermieden. Die keramische Matrix kann oxidischer oder silikatischer Natur sein, so z. B. Al₂O₃, Mullit, Cordierit und 20 bis 85 Masseprozent Aluminium enthalten. Das Aluminium oder dessen Legierung (>85% Al) wird als metallisches Pulver < 63 µm mit dem keramischen Ausgangsmaterial homogenisiert, plastifiziert und zu Waben oder -rohrsträngen extrudiert. Diese Stränge werden nach dem Trocknen bei 670 bis 900°C gesintert. Durch chemisches und thermisches Oxidieren wird die Al-Phase im Keramik-Metall-Komposit oberflächlich in sehr dünner Schicht anoxidiert, um damit einen besseren Haftgrund für die Zeolithbeschichtung zu bilden. Die Haftung wird besonders gefördert durch den Einsatz eines SiO₂- oder Al₂O₃-Sols bzw. dessen Mischung, über dessen Wirkung weiter unten berichtet wird.

Beispielsweise wird vorgebildeter und gemahlener (< 63 µm) Cordierit (2MgO 2Al₂O₃ 5SiO) mit 60 Masseprozent Aluminiumpulver (<63 µm) mit einem Plastifikatormisch extrusionsfähig homogenisiert. Mittels eines Mundstückes mit 35 mm Durchmesser werden 300 mm lange Wabenkörper (50 csi) extrudiert. Nach Trocknung der Waben in einem Mikrowellentrockner erfolgt das Sintern bei 690°C in oxidierender Atmosphäre (Einstellung des O₂-Partialdruckes). Die Sinteratmosphäre erzeugt auf der Al-Phase eine nm-dünne Al₂O₃-Schicht, die die Zeolithhaftung auf dem Wabenkörper verbessert. Als besonders geeignete Zeolithe zur Nutzung der Wärmeeffekte bei Adsorption und Desorption von Wasser auf gut wärmeleitfähigen Strukturen erweisen sich die Typen 3A und 13X.

Diese Zeolithe müssen als gut haftende Schichten auf die beiden oben beschriebenen Typen von Strukturen aufgebracht werden. Dabei müssen Zeolithschichtstärken von 70 bis 600 µm realisiert werden. Die Verbindungsbildung zwischen Trägern und Zeolith wird besonders gefördert durch den Einsatz eines SiO₂- oder Al₂O₃-Sols bzw. dessen Mischung. Das Sol ist Haftvermittler und Bindemittel zwischen den Zeolithpartikeln sowie dieser zur oxidischen Oberfläche der Rohr- oder Wabenträger. Diese bestehen aus Al₂O₃ oder dem Keramik-Metall-Komposit.

In einen Schlicker, hergestellt aus 8 bis 34 Masseprozent Zeolith sowie dem SiO₂- oder Al₂O₃-Sol mit Feststoffgehalten von 16 bis 42 Masseprozent SiO₂ bzw. 7 bis 25 Masseprozent Al₂O₃ und einem organischen Bindemittel (verbessert die Trocknungseigenschaften) in wäßriger Lösung, werden die Substratrohre oder Waben getaucht. Nach dem Tau-

chen werden die beschichteten Substrate getrocknet bei ca. 100°C. Der Tauchvorgang kann gegebenenfalls mehrfach wiederholt werden. Die beschichteten und getrockneten Substrate werden bei 450 bis 750°C thermisch behandelt (Verfestigung der Zeolithschichten und Ausbrennen der organischen Komponenten).

Beispielsweise wurden folgende beschichtete Wabensubstrate hergestellt:

21 Masseprozent Zeolithpulver vom Typ 13X werden in ein Al_2O_3 - oder SiO_2 -Sol (bzw. dessen Mischung) eingerührt. Der Feststoffgehalt des Sols beträgt 28 Masseprozent SiO_2 und/oder 14 Masseprozent Al_2O_3 . Dazu wird ein organisches Bindemittel auf Basis von Polyvinylalkohol als 2%ige wäßrige Lösung gegeben. In diesen Schlicker wird ein Wabenkörper 11 csi, Ø 50 mm, Länge 200 mm, oder ein Rohr Øa = 20 mm, Øj = 13 mm, getaucht. Dieser Prozeß wird so oft wiederholt, bis in den einzelnen Kanälen des Wabenkörpers eine Zeolithschichtstärke von ca. 240 µm aufgewachsen ist, um die Gesamt-Wasseraufnahme-Kapazität der zeolithbeschichteten gut wärmeleitfähigen Träger zu gewährleisten. Die getrockneten, beschichteten Wabensubstrate bzw. Rohre werden in oxidierender Atmosphäre bei 550°C getempert und können anschließend in die erfindungsgemäß beschriebene Vorrichtung eingebaut werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aufnahme von Wasser und anderen fluiden Stoffen durch Adsorption mit Hilfe eines Mediums zur Speicherung dieser Stoffe in einem Behälter, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Behälter (1) eine mit einer wärmeleitfähigen porösen, insbesondere keramischen, mit Adsorbentien (6) beschichtete Struktur (5) mit großer Oberfläche enthält.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das sich im Behälter (1) befindende adsorbierende Material (6) aus mikroporösen und/oder mesoporösen Festkörpern, vorzugsweise aus einem oder mehreren Zeolithen oder röntgenamorphen Aluminiumsilikaten besteht und durch Kleben oder Aufwachsen mit Hilfe von Haftvermittlern auf der Struktur (5) aufgebracht ist.
3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitfähige Struktur (5) aus keramischem Material hoher Wärmeleitfähigkeit besteht.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitfähige Struktur (5) aus dichtgesintertem Aluminiumoxid besteht.
5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitfähige Struktur aus einem Keramik-Metall-Komposit besteht, dessen keramische Komponente oxidischer oder silikatischer Natur ist und dessen metallische Komponente Aluminium bis zu einer Menge von 85% der Gesamtmasse des Komposits enthält.
6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in die wärmeleitfähige Struktur (5) Rohre (7) mit einem Wärmeträgermedium eingebettet sind.
7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die beschichtete Struktur (5) ihrerseits metallisch und gasdicht beschichtet ist und in ein Wärmeträgermedium (12) hineinragt.
8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1) durch Leitungen mit einem Kühlkörper derart verbunden ist, daß er zur Aufnahme von Kältemitteln verwendet und seinerseits

zur Erzeugung von Wärme eingesetzt werden kann.

9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1) durch Leitungen mit einem zu evakuierenden Gefäß (2) verbunden ist, das zur Erzielung eines Startvakuaums lediglich mit einer Vakuumpumpe geringer Leistung evakuiert wurde.

10. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1) durch Leitungen mit einem zu evakuierenden Gefäß (2) verbunden ist, in dem sich zu trocknendes Gut befindet.

11. Verfahren zur Herstellung einer wärmeleitfähigen Struktur nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Komponente oberflächlich oxidiert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Oxidieren durch Sintern der geformten Struktur in oxidierender Atmosphäre erfolgt.

13. Verfahren zur Herstellung einer mit Adsorbentien beschichteten Struktur nach einem der bisherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur (5) durch Tauchen in einen Schlicker mit den Adsorbentien beschichtet wird, welcher außer denselben auch ein SiO_2 - und/oder Al_2O_3 -Sol enthält.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

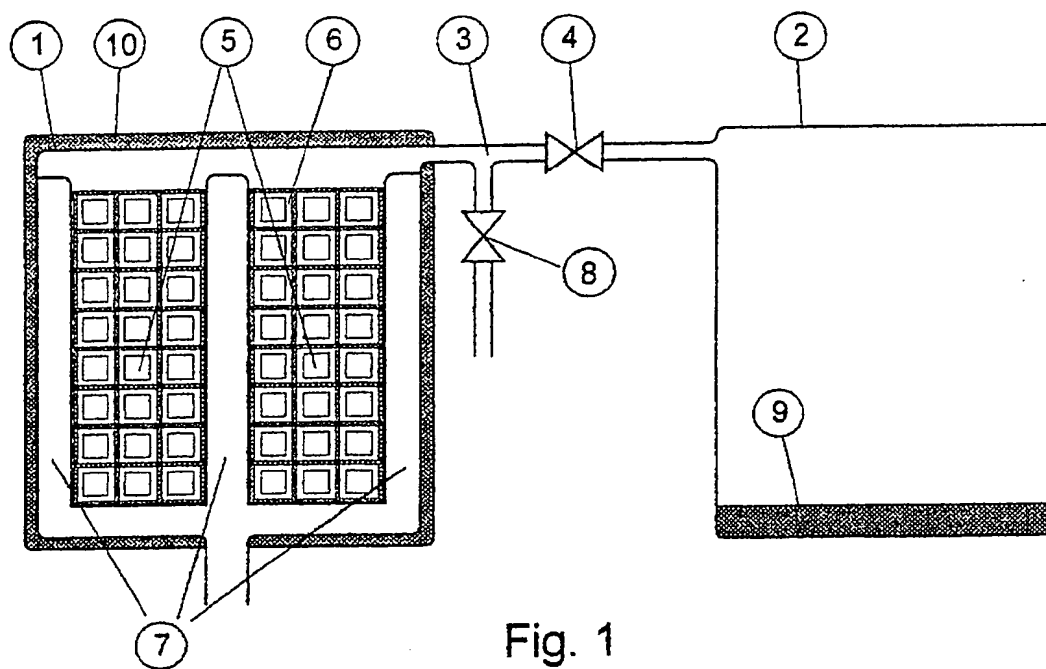


Fig. 1

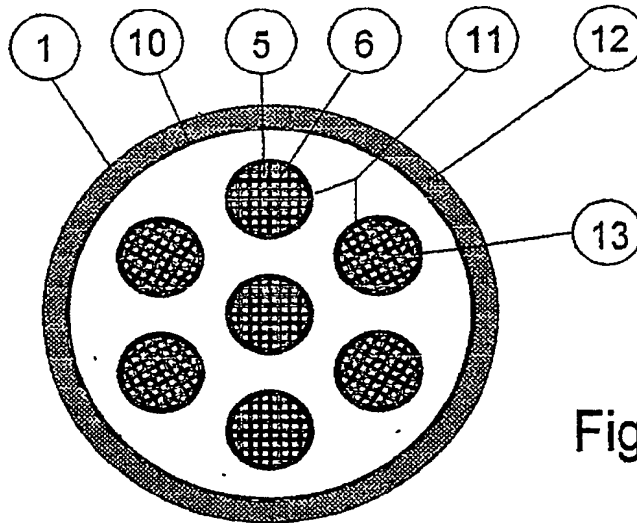


Fig. 2